

551,127

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. Oktober 2004 (07.10.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/086125 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G02C 7/02**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/014620

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Dezember 2003 (19.12.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 13 275.9 24. März 2003 (24.03.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **RODENSTOCK GMBH** [DE/DE]; Isartalstrasse 43,
80469 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HASER, Stephan**
[DE/DE]; Hella-Von-Westarp-Strasse 41a, 81829 München
(DE). **WELK, Andrea** [DE/DE]; Otkerstrasse 7, 81547

München (DE). **ESSER, Gregor** [DE/DE]; Madelseder-
strasse 17, 81735 München (DE). **ALTHEIMER, Helmut**
[DE/DE]; An der Halde 2, 87650 Baisweil-Lauchdorf
(DE). **HAIMERL, Walter** [DE/DE]; Thalkirchnerstr.
78a, 80337 München (DE).

(74) Anwalt: **ROCKE, Carsten**; Müller-Boré & Partner,
Grafinger Strasse 2, 81671 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

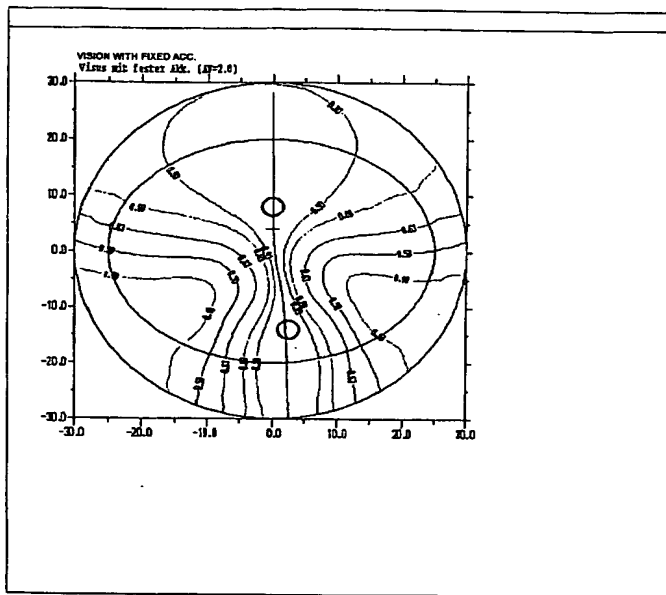
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR CALCULATING AN INDIVIDUAL PROGRESSIVE LENS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BERECHNEN EINES INDIVIDUELLEN PROGRESSIVGLASES



(57) Abstract: Disclosed is a method for calculating an individual progressive lens. The invention is characterized by the following steps: one or several basic designs are created on eyeglass lenses based on theoretical parameters; starting designs are created from said basic designs; individual progressive lenses are calculated from the starting designs, which correspond to individual data of test persons who are to wear eyeglasses with said lenses; the final starting designs are created for production; and the individual eyeglass lenses are calculated from the starting designs according to individual customer data.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/086125 A1



(57) Zusammenfassung: Beschrieben wird ein Verfahren zum Berechnen eines individuellen Progressivglases. Die Erfindung zeichnet sich durch folgende Schritte aus: erzeugen eines oder mehrerer Grunddesigns an Brillengläsern anhand theoretischer Vorgaben, erzeugen von Startdesigns aus diesen Grunddesigns, berechnen von individuellen Progressivgläsern aus den Startdesigns, die individuellen Daten von Trageversuchspersonen entsprechen, erstellen der endgültigen Startdesigns für die Produktion, und berechnen der individuellen Brillengläser aus den Startdesigns nach individuellen Kundendaten.

Verfahren zum Berechnen eines individuellen Progressivglases

BESCHREIBUNG

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Berechnen eines individuellen Progressivglases.

Unter progressiven Brillengläsern (auch als Gleitsichtgläser, Multifokalgläser, etc. bezeichnet) versteht man
10 üblicherweise Brillengläser, die in dem Bereich, durch den der Brillenträger einen in größerer Entfernung befindlichen Gegenstand betrachtet - im folgenden als Fern-
15 teil bezeichnet -, eine andere (geringere) Brechkraft haben als in dem Bereich (Nahteil), durch den der Brillenträger einen nahen Gegenstand betrachtet. Zwischen dem
20 Fernteil und dem Nahteil ist die sogenannte Progressionszone angeordnet, in der die Wirkung des Brillenglases von der des Fernteils kontinuierlich auf die des Nahteils ansteigt. Den Wert des Wirkungsanstiegs bezeichnet man auch
als Addition.

In der Regel ist der Fernteil im oberen Teil des Brillenglases angeordnet und für den Blicken „ins Unendliche“
25 ausgelegt, während der Nahteil im unteren Bereich angeordnet ist, und insbesondere zum Lesen ausgelegt ist. Für Spezialanwendungen - genannt werden sollen hier exemplarisch Pilotenbrillen oder Brillen für Bildschirmarbeitsplätze - können der Fern- und der Nahteil auch anders
30 angeordnet sein und/oder für andere Entfernungen ausgelegt sein.

Ferner ist es möglich, dass mehrere Nahteile und/oder mehrere Fernteile und entsprechende Progressionszonen vorhanden sind.

- 5 Bei progressiven Brillengläsern mit konstantem Brechungsindex ist es für die Zunahme der Brechkraft zwischen dem Fernteil und dem Nahteil erforderlich, dass sich die Krümmung einer oder beider Flächen vom Fernteil zum Nahteil kontinuierlich ändert.

10

Die Flächen von Brillengläsern werden üblicherweise durch die sogenannten Hauptkrümmungsradien R_1 und R_2 in jedem Punkt der Fläche charakterisiert. (Manchmal werden anstelle der Hauptkrümmungsradien auch die sogenannten

- 15 Hauptkrümmungen $K_1 = 1/R_1$ und $K_2 = 1/R_2$ angegeben). Die Hauptkrümmungsradien bestimmen zusammen mit dem Brechungsindex n des Glasmaterials die für die augenoptische Charakterisierung einer Fläche häufig verwendeten Größen:

- 20 Flächenbrechwert $D = 0,5 * (n-1) * (1/R_1 + 1/R_2)$.

Flächenastigmatismus $A = (n-1) * (1/R_1 - 1/R_2)$.

- 25 Der Flächenbrechwert D ist die Größe, über die die Zunahme der Wirkung vom Fernteil zum Nahteil erreicht wird.

- Der Flächenastigmatismus A (anschaulich Zylinderwirkung) ist eine „störende Eigenschaft“, da ein Astigmatismus - sofern das Auge nicht selbst einen zu korrigierenden Astigmatismus aufweist - , der einen Wert von ca. 0,5 dpt
30 übersteigt, zu einem als unscharf wahrgenommenen Bild auf der Netzhaut führt.

In der WO 01/81979 wird ein Verfahren zum Berechnen eines progressiven Brillenglases angegeben, bei dem entlang einer Linie (Hauptlinie) bestimmte Eigenschaften vom Brechwert und Astigmatismus vorliegen und diese Linie mit der Hauptblicklinie übereinstimmt.

Für die Berechnung von individuellen Brillengläsern muß die Optimierung innerhalb sehr kurzer Zeit erfolgen, da aufgrund der großen Vielfalt von Wirkungskombinationen diese nur auf Bestellung berechnet werden können.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, mit dem in sehr kurzer Zeit individuelle Progressivgläser berechnet und optimiert werden, wobei bei den Progressivgläsern entlang der Hauptblicklinie optimale Eigenschaften vorliegen, d. h. dass Hauptlinie und Hauptblicklinie zusammenfallen und alle individuellen Parameter berücksichtigt werden.

Die Aufgabe wird durch den kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 gelöst. Es wird ein Verfahren angegeben, das durch die folgenden Schritte gekennzeichnet ist:

- Erzeugen eines oder mehrerer Grunddesigns an Brillengläsern anhand theoretischer Vorgaben,
- Erzeugen von Startdesigns aus diesen Grunddesigns,
- Berechnen von individuellen Progressivgläsern aus den Startdesigns, die individuellen Daten von Trägerversuchspersonen entsprechen,
- Erstellen der endgültigen Startdesigns für die Produktion und

- Berechnen der individuellen Brillengläser aus den Startdesigns nach individuellen Kundendaten.

5 Zunächst wird ein Grunddesign bzw. eine Reihe von Grund-
designs erzeugt. Diese werden aufgrund der theoretischen
Daten analysiert. Die Grunddesigns werden dann solange
geändert und angepasst, bis sie den Vorgaben (z. B. aus
Grundsatzuntersuchungen oder Trageversuchen) entsprechen.
10 Dieses Grunddesign wird für eine schwache Wirkung und De-
fault- oder Standardwerte, die weiter unten beschrieben
sind, berechnet. Im Prinzip kann ein solches Grunddesign
mit einem Verfahren, das in der WO 01/81979 beschrieben
ist, erzeugt werden.

15 Im nächsten Schritt werden aus den Grunddesigns sogenann-
te Startdesigns erzeugt. Startdesigns sind eine begrenzte
Anzahl von Progressivgläsern, die für Defaultwerte der
individuellen Parameter berechnet wurden und den Wir-
20 kungsbereich abdecken. Werden nur wenige Brillengläser
für das Startdesign bereitgestellt, so ist der Aufwand
viel geringer. Allerdings kann man dann noch schlechter
auf die verschiedenen Anforderungen von Hyperopen, Myopen
usw. eingehen und der Aufwand bei der Optimierung der in-
25 dividuellen Progressivgläser wird größer. Aus diesem
Grund wird man, wenn man verschiedene Grunddesigns (in
der Regel 3 - 4) in Trageversuchen gegeneinander testen
will, das Startdesign niedrig besetzen. Das endgültige
Startdesign für die Produktion wird dann in der Regel
30 eher dicht besetzt sein.

Dies kann im Extremfall ein einziges Grunddesign sein. Jedoch wird man in der Regel aber mindestens eine Serie für Myopie, eine Serie für Emmetrope und eine Serie für Hyperope bereitstellen.

5

In der nachfolgenden Tabelle ist ein Beispiel angegeben:

Sph/Add [dpt]	-4	0	+4
1,5	+	+	+
2,0	+	+	+
2,5	+	+	+

Für die Berechnung und Optimierung der Progressivgläser werden durchschnittliche Individualparameter berücksichtigt, in der Regel die nachfolgenden Werte:

Verordneter Zylinder = 0 dpt; Prisma vertikal und horizontal = 0 cm/m;

Definition der Wirkung in den Bezugspunkten (Gebrauchsstellung, Scheitelmessung etc.);

Pupillendistanz = 63 mm; Hornhautscheitelabstand = 15 mm;

Augendrehpunktsabstand = 28,5 mm; Vorneigung = 8 Grad;

Fassungsscheibenwinkel (Seitenneigung) = 0 Grad;

Mittendicke oder Randdicke variiert in Abhängigkeit von Verordnung, Addition und Durchmesser;

Durchmesser = 70 mm;

Dickenreduktionsprisma variiert in Abhängigkeit von Verordnung, Addition und Durchmesser; Material = Material mit mittlerem Brechungsindex;

Objektstand in der Ferne = 0 dpt; Objektstand in der Nähe = -1000/380 mm oder Objektstand in der Nähe = -Add (für Add > 2,5 dpt);

Die Basiskurve (Form (i.d.R. eine Sphäre) und Durchbiegung (Brechwert) der zweiten Fläche) variiert in Abhängigkeit von Verordnung, Addition und Durchmesser.

- 5 Aus diesen Startdesigns werden die Progressivgläser berechnet, die den individuellen Daten der Trageversuchspersonen entsprechen. Das Verfahren zur Berechnung wird weiter unten beschrieben.
- 10 Als Alternative kann man auch alle Brillengläser für Trageversuche mit dem Verfahren, welches in der WO 01/81979 beschrieben ist, berechnen.

- 15 In einem zweiten Designloop kann man aufgrund der Trageversuche das Design entsprechend abändern und anpassen. In einer ersten Phase werden die verschiedenen Startdesigns in einem internen Trageversuch mit einer kleineren Anzahl von Probanden getestet. In einer zweiten Phase werden externe Trageversuche mit einer relativ großen
- 20 Probandenzahl durchgeführt. Somit ergeben sich im Prinzip drei Designloops.

- Wenn man das endgültige Design gefunden hat, muss man das Startdesign für die Produktion erstellen. Dies wählt man
- 25 normalerweise dichter als die Startdesigns für den Trageversuch.

- In der nachfolgenden Tabelle ist ein Beispiel angegeben, wobei für alle dargestellten Wirkungen Startdesigns er-
- 30 stellt werden:

Sph/Add [dpt]	-10	-5	-1	+2	+5	+8
1,0	+	+	+	+	+	+
1,5	+	+	+	+	+	+
2,0	+	+	+	+	+	+
2,5	+	+	+	+	+	+
3,0	+	+	+	+	+	+

- 5 Im nachfolgenden wird das Berechnungsverfahren näher erläutert:

Zunächst müssen vom Startdesign alle Parameter des Brillenglases abgespeichert werden. Dies beinhaltet neben dem
 10 bereits genannten individuellen Parametern noch die folgenden:

Flächendaten der progressiven Fläche;
 Koordinaten der Bezugspunkte; Objektabstandsmodell als
 15 Funktion der Durchblickpunkte;
 Akkomodationsmodell als Funktion des Objektabstandes;
 Verlauf der Hauptlinie (in der WO 01/81979 beschrieben)
 und alle Sollvorgaben an allen Bewertungsstellen (Durchblickstellen).

20

Die progressive Fläche wird am besten mittels B-Splines beschrieben. Als freie Parameter hat man die Ordnung der Splines und die Anzahl der Koeffizienten. Je höher die
 Ordnung der Splines ist, desto feiner kann ein Intervall
 25 beschrieben werden, aber desto mehr neigen die Splines

auch zur Schwingung. Aus diesem Grund bevorzugt man Splines 4. Ordnung oder insbesondere kubische Splines. Auch lässt sich durch die Anzahl der Koeffizienten steuern, wie variabel man eine Fläche beschreiben kann.

5

Jedoch steigt mit der Anzahl der Koeffizienten direkt die Komplexität des Optimierungsproblems und damit auch die Rechenzeit. Dennoch hat sich eine große Zahl von Koeffizienten (ca. 4.000) bewährt. Die Optimierung eines progressiven Brillenglases erfolgt in der Regel durch die Minimierung einer Zielfunktion. Die Zielfunktion kann beispielsweise wie folgt aussehen:

10

$$\min \sum g a_i (A_{ist} - A_{soll})_i^2 + g b_i (B_{ist} - B_{soll})_i^2 \dots$$

15

Dabei sind A, B usw. die zu optimierenden Eigenschaften wie Astigmatismus, Brechwert, Verzeichnung, binokulare Imbalancen, Gradienten von Astigmatismus und Brechwert, Verzerrungen usw. Allerdings ist es ungünstig, wenn man zu viele Eigenschaften in die Zielfunktion schreibt, da ein Progressivglas schon aufgrund eines Streifens zweiter Ordnung und einer Vorgabefunktion über das ganze Brillenglas beschrieben ist. Aus diesem Grund erschweren zu viele Eigenschaften die Optimierung aufgrund von möglichen widersprüchlichen Forderungen in der Zielfunktion. Deshalb sind zwei Eigenschaften in der Zielfunktion ausreichend. Andere Eigenschaften können später im Designloop über die Auswertung kontrolliert und eingestellt werden.

25
30

Zusätzlich kann jede Eigenschaft ortsabhängig über die Bewertungsstelle i gewichtet werden. So ist es möglich,

eine Eigenschaft gegenüber der anderen Eigenschaft zu gewichten und zum anderen aber auch ortsabhängig zu gewichten, beispielsweise den Astigmatismus in der Ferne höher als in der Nähe.

5

Je mehr Bewertungsstellen man hat, desto länger dauert die Optimierung, weil an jeder Bewertungsstelle mittels Strahlen - und lokaler Wellenfrontdurchrechnung die entsprechenden Eigenschaften berechnet werden müssen. Jedoch
10 ist es klar, dass mit vielen Bewertungsstellen das Brillenglas bzw. die Optimierung des Brillenglases viel besser und exakter gesteuert werden kann. Deshalb bevorzugt man die Verwendung von vielen Bewertungsstellen; in der Regel sind dies ca. 15.000 Bewertungsstellen.

15

Des weiteren ist es vorteilhaft, wenn sowohl die Koeffizienten als auch die Bewertungsstellen nicht äquidistant über das Brillenglas gleichverteilt sind, sondern in Bereichen, bei denen größere Änderungen der Eigenschaften
20 vorliegen oder bei Bereichen, denen eine höhere Bedeutung zugemessen wird, die Anzahl der Bewertungsstellen bzw. Koeffizienten zu erhöhen.

Es ist wichtig, dass man die Sollvorgaben nicht als absolute Werte vorgibt sondern als Abweichungen oder zulässige Fehler. Im folgenden wird ein Beispiel angegeben:
25

Man möchte ein Progressivglas mit den Werten Sph 0,5 zyl 1,0 A 0 Grad Add 2,0 optimieren. Wenn man Absolutwerte
30 vorgeben möchte, würde man z. B. im Fernbezugspunkt fordern: Soll Sph 0,5 zyl 1,0 A 0 Grad und im Nahbezugspunkt Soll Sph 2,5 zyl 1,0 A 0 Grad, da hier das Brillenglas

exakt den Forderungen entsprechen soll. Dagegen würde man in der Peripherie Soll Sph 1,5 zyl 2,0 A 45 Grad fordern.

- Die Sollvorgaben müssen immer sehr nahe am Ziel liegen
- 5 und bei Progressivgläsern hat man in der Peripherie zwangsweise höhere Abbildungsfehler. Somit wird deutlich, wie wichtig geeignete Sollvorgaben für die Berechnung und Optimierung eines Progressivglases sind.
- 10 Werden Absolutwerte vorgegeben, muß man für jede Verordnung eigene Sollvorgaben bereitstellen. Dies ist insbesondere bei der Optimierung von individuellen Progressivgläsern von Nachteil.
- 15 Aus diesem Grund ist es besser, die Istwerte des Brillenglases mit dem Refraktionsdefizit des Auges zu kombinieren und anschließend mit den Sollvorgaben zu vergleichen. Die Kombination mit dem Auge erfolgt dabei am besten mit der Kreuzzylindermethode, die beispielsweise in
- 20 der WO 01/81979 beschrieben ist. Dann würden die Sollvorgaben im obigen Beispiel im Fern- und Nahbezugspunkt, nämlich der Refraktionsfehler_{Soll} und astigmatische Abweichung_{Soll} 0 dpt betragen und in der Peripherie (beispielsweise) der Refraktionsfehler_{Soll} 1,0 dpt und die astigmati-
- 25 sche Abweichung_{Soll} 1,25 dpt. Die Achslage würde somit aufgrund der Kreuzzylindermethode berücksichtigt werden. Somit ist man mit diesen Sollvorgaben von der Verordnung unabhängig. Die Unterschiede in den Sollvorgaben bzgl. Emmetropie, Myopie etc. erhält man über die unterschied-
- 30 lichen Sollvorgaben bei den unterschiedlichen Wirkungen des Startdesigns. Dabei haben sich die astigmatische Ab-

weichung und der Refraktionsfehler als geeignete Vorgaben erwiesen.

Weiter wesentlich ist, dass man die Bewertungsstellen
5 nicht mit den kartesischen Koordinaten x und y abspeichert, sondern mit den Koordinaten u und y , wobei u der Abstand der Bewertungsstelle von der Hauptlinie ist, also $u = x - x_{HL}(y)$. Dies ist wichtig, um bei der Berechnung des individuellen Brillenglases die Sollvorgaben auf einfache
10 fache Weise, an die neue Hauptblicklinie anpassen zu können.

Im nächsten Schritt werden die Startdesigns für die Produktion erstellt.

15

Danach erfolgt die Berechnung der individuellen Brillengläser aus dem Startdesign nach individuellen Kundendaten.

20 Über eine Eingabemaske (bei Trageversuchen) oder bei der Online-Optimierung im Produktionsprozeß über eine Schnittstelle erhält das Berechnungsprogramm die neuen Individualparameter. Diese sind alle bereits genannten Parameter. Aufgrund der verordneten sphärischen Wirkung
25 und der Addition wird aus dem Startdesign das nächstliegende Startglas mit allen Parametern und Sollvorgaben ausgewählt. Das zu optimierende Brillenglas wird mit dem ausgewählten Startglas gleichgesetzt und danach werden die Individualparameter des Startglases durch die neuen
30 Parameter ersetzt, insbesondere durch die verordneten sphärischen, zylindrischen und prismatischen Werte, die Addition und das Dickenreduktionsprisma.

Danach wird das Objektabstands- und Akkommodationsmodell neu berechnet.

5 Danach wird das Brillenglas entsprechend den neuen Individualparametern (Pupillendistanz, Hornhautscheitelabstand, Augendrehpunktsabstand, Vorneigung und Seitenneigung) im Raum bzw. gegenüber dem Auge angeordnet.

10 Im nächsten Schritt werden das Material (Brechungsindex), der Durchmesser bzw. die Fassungsform und die Basiskurve ausgetauscht.

15 Danach wird die progressive Fläche mit einer atorischen Fläche überlagert. Die atorische Fläche wird so berechnet, dass im Fernbezugspunkt die sphärische und zylindrische Wirkung inklusive Achslage, vorzugsweise in der Gebrauchsstellung, der Verordnung entspricht, im Prismenbezugspunkt das Vertikal- und Horizantalprisma, vorzugsweise in der Gebrauchsstellung, der Kombination aus verordnetem Prisma und Dickenreduktionsprisma entspricht und
20 die Mitten- bzw. Randdicke dem Vorgabewert entspricht. Dies wird am besten mit einem Iterationsverfahren (z. B. Newton'sche Iteration mit 6 Variablen) erreicht. Die 6 Freiheitsgrade sind hierbei die beiden Hauptkrümmungen
25 und die Achslage der atorischen Fläche, die Flächennormale (x- und y-Komponente) im Scheitel der gesamten progressiven Fläche und der Abstand der Vorder- zur Rückfläche.

30 Somit erhält man ein Progressivglas, dessen Qualität dem eines konventionellen Progressivglases entspricht, mit

der Ausnahme, dass sich die progressive und astigmatistische Wirkung auf einer Seite befindet.

Es ist selbstverständlich auch möglich, die Überlagerung auf der nicht-progressiven Seite durchzuführen und diese
5 dann zu optimieren. Dann erhält man ein individuelles Brillenglas mit einer progressiven Fläche und einer individuellen atorischen Fläche. Weiter ist es möglich, die Basisfläche torisch zu gestalten, die dann in erster Linie den verordneten Astigmatismus aufbringt und die progressive Fläche noch zusätzlich mit einem Korrektionsstor-
10 tus zu überlagern und diese Überlagerungsfläche dann entsprechend zu optimieren. Dann wird ein individuelles Brillenglas mit einer individuellen progressiven Fläche und einer torischen Fläche erhalten. Dabei kann sich die
15 progressive Fläche entweder vorne oder hinten befinden.

Allerdings ist es bevorzugt, dass die Vorderfläche sphärisch oder zumindest rotationssymmetrisch ist und die Rückfläche eine individuelle progressive Fläche ist, die
20 das gesamte Rezept, bestehend aus sphärischer und zylindrischer Verordnung und der Addition trägt, da dann die anamorphotische Verzerrung am geringsten ist (vgl. Auge und Brille, Bücherei des Augenarztes, Band 59 von Josef Reiner). Im nachfolgenden wird von dieser Variante ausge-
25 gangen. Jedoch ist das Verfahren auch auf alle anderen bereits beschriebenen Verfahrensvarianten anwendbar.

Im nächsten Schritt wandelt man die berechnete atorische Fläche in einen B-Spline, einem sogenannten Überlagerungs-
30 spline oder Optimierungsspline um. Auch ist es möglich, aus der atorischen Überlagerungsfläche und der darunter liegenden progressiven Fläche einen neuen B-Spline zu be-

rechnen. Allerdings ist es günstiger, einen Überlagerungsspline zu verwenden.

Denn dann kann man die Anzahl der zu optimierenden Koeffizienten unabhängig von der darunter liegenden Basisfläche (progressive Fläche) wählen, ohne dass man Informationen verliert und die zu optimierende Fläche muß weniger Informationen tragen. Allerdings ist dies nur für die Optimierung der Koeffizienten von Bedeutung. Die Pfeilhöhe der Rückfläche entspricht immer der Summe aus der Basisfläche und dem Überlagerungsspline. Bei der Optimierung wird immer sowohl bei der Strahlen- als auch bei der Wellenfrontdurchrechnung die komplette Rückfläche berücksichtigt.

Im nächsten Schritt wird die Hauptblicklinie neu berechnet, da sie aufgrund der geänderten Positionierung des Brillenglases zum Auge und der geänderten prismatischen Wirkung in den Durchblickstellen von der alten Haupt- bzw. Hauptblicklinie abweicht.

Danach verschiebt man die Sollvorgaben um den Betrag, um welche die neue Hauptblicklinie gegenüber der alten Hauptblicklinie in jedem Horizontalschritt verschoben worden ist, d. h. jede Sollvorgabe erhält eine neue zugehörige u-Koordinate. Würde beispielsweise der x-Versatz der Hauptblicklinie auf Höhe des Nahbezugspunktes nun 3 statt 2 mm betragen, so würden sich die u-Koordinaten in diesem Horizontalschnitt um 1 mm verschieben. Es ist bevorzugt, dass die Sollvorgaben nicht von einem Startglas genommen werden, sondern entsprechend der Wirkung aus den benachbarten Brillengläsern des Startdesigns interpoliert werden.

Im nächsten Schritt optimiert man die progressive Fläche entweder mit einem käuflichen Optimierungsprogramm (z.B. aus der NAG-Bibliothek) oder mit einem Optimierungsprogramm, welches speziell auf das Problem und die verwendete Flächendarstellung abgestimmt ist. Hierbei ist letzteres bevorzugt. Meist hat man schon nach drei Optimierungsschritten das Ziel erreicht. Jedoch ist es besser, wenn sicherheitshalber 10 Optimierungsschritte durchgeführt werden. Eine solche Optimierung benötigt aufgrund des idealen Startpunktes und der idealen Sollvorgaben und dem ideal abgestimmten Optimierer auf einem normalen PC (z. B. Intel Pentium 4 Prozessor mit 1800 MHz) weniger als 30 Sekunden.

Es wäre auch möglich, alle Online optimierten Flächen abzuspeichern, um dann bei gleichen individuellen Bestelldaten nicht nochmals optimieren zu müssen. Allerdings hat es sich gezeigt, dass das beschriebene Verfahren so stabil, schnell und zuverlässig ist, dass ein Suchalgorithmus aufwendiger wäre als einfach jede Verordnung neu zu berechnen.

Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, nicht die ganze Fläche des Brillenglases zu optimieren, sondern nur einen zentralen Bereich (ca. 20 - 30 mm) und diesen dann mit einem speziell entwickelten Extrapolationsprogramm zu erweitern. Dadurch kann man Rechenzeit einsparen, ohne dass die Qualität beeinflusst wird.

30

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen exemplarisch beschrieben, auf die im übrigen hinsichtlich der
5 Offenbarung aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich verwiesen wird. Es zeigen:

Fig. 1: die Verteilung des Sehschärfeabfalls aufgrund der
10 Abbildungsfehler bei einem progressiven Brillenglas aus dem Startdesign,

Fig. 2: die Verteilung des Sehschärfeabfalls aufgrund der Abbildungsfehler bei einem progressivem Brillenglas nach
15 der Überlagerung mit einem Torus,

Fig. 3: die Verteilung des Sehschärfeabfalls aufgrund der Abbildungsfehler bei einem progressiven Brillenglas nach der Optimierung,
20

Fig. 4: einen Ablaufplan des Verfahrens und

Fig. 5: den Ablaufplan des Online-Optimierungs- und -Berechnungsverfahrens.
25

In Fig. 1 wurden folgende Standardwerte verwendet:

Verordnete Sphäre = -4,0 dpt; Addition 2,0 dpt; Verordneter Zylinder = 0 dpt; Prisma vertikal und horizontal = 0
30 cm/m;

Wirkung in den Bezugspunkten in der Gebrauchsstellung;
Pupillendistanz = 63 mm; Hornhautscheitelabstand = 15 mm;
Augendrehpunktsabstand = 28,5 mm; Vorneigung = 8 Grad;
Fassungsscheibenwinkel (Seitenneigung) = 0 Grad; Mitten-
5 dicke = 2 mm; Durchmesser = 70 mm; Dickenreduktionsprisma
= 1,0 cm/m; Material = Perfalit 1,6 n = 1,597; Objektab-
stand in der Ferne = 0 dpt; Objektabstand in der Nähe =
-1000/380 mm; Basiskurve sph = 3,41 dpt. In Fig. 1 ist zu
erkennen, dass die Isolinien vollständig symmetrisch zur
10 Hauptlinie verlaufen und überall ein gleichmäßiger und
weicher Übergang besteht und große Fern- und Nahsehber-
eiche vorliegen. So sollte auch ein Brillenglas mit abwei-
chenden Individualparametern aussehen.

15 In Fig. 2 werden folgende Individualparameter vorgegeben:

Verordnete Sphäre = -3,5 dpt; Addition = 2,0 dpt; Verord-
neter Zylinder = 1 dpt; Achslage = 20 Grad; Prisma verti-
kal = 0,5 cm/m; Prisma horizontal = 1,0 cm/m;
20 Wirkung in den Bezugspunkten in der Gebrauchsstellung;
Pupillendistanz = 72 mm; Hornhautscheitelabstand = 19 mm;
Augendrehpunktsabstand = 32,5 mm; Vorneigung = 11 Grad;
Fassungsscheibenwinkel (Seitenneigung) = 1 Grad; Mitten-
dicke = 2 mm; Durchmesser = 70 mm; Dickenreduktionsprisma
25 = 1,0 cm/m; Material = Perfalit = 1,6 n = 1,597; Ob-
jektabstand in der Ferne = 0 dpt; Objektabstand in der
Nähe = -1000/380 mm; Basiskurve sph = 3,7 dpt.

Wie aus Fig. 2 zu erkennen ist, verlaufen die Isolien-
nicht mehr symmetrisch zur Hauptlinie, die Übergänge sind
30 nicht mehr weich und die Sehbereiche sind stark einge-
schränkt. Ferner erkennt man die Verschiebung der Haupt-

blicklinie gegenüber der alten Haupt- bzw. Hauptblicklinie.

Fig. 3 zeigt folgende Individualparameter: Sphäre = -3,5
5 dpt; Addition = 2,0 dpt; Verordneter Zylinder = 1 dpt;
Achslage = 20 Grad;
Wirkung in den Bezugspunkten in der Gebrauchsstellung;
Prisma vertikal = -0,5 cm/m; Prisma horizontal = 1,0
cm/m; Pupillendistanz = 72 mm; Hornhautscheitelabstand =
10 19 mm; Augendrehpunktsabstand = 32,5 mm; Vorneigung = 11
Grad; Fassungsscheibenwinkel (Seitenneigung) = 1 Grad;
Mittendicke = 2 mm; Durchmesser = 70 mm; Dickenredukti-
onsprisma = 1,0 cm/m; Material = Perfalit 1,6 n = 1,597;
Objektabstand in der Ferne = 0 dpt; Objektabstand in der
15 Nähe = - 1000/380 mm; Basiskurve sph = 3,7 dpt.

In Fig. 3 ist deutlich zu erkennen, dass die Isolinien
wieder symmetrisch zur Hauptlinie verlaufen, die Übergän-
ge wieder weicher und die Sehbereiche deutlich erweitert
20 sind. Auch erkennt man die Verschiebung der Hauptblickli-
nie gegenüber der alten Haupt- bzw. der Hauptblicklinie
und ferner, dass die Isolinien nun symmetrisch zur neuen
Hauptblicklinie verlaufen.

PATENTANSPRÜCHE

- 5 1. Verfahren zum Berechnen eines individuellen
Progressivglases,

gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- 10 - Erzeugen eines oder mehrerer Grunddesigns an Brill-
lengläsern anhand theoretischer Vorgaben,
- Erzeugen von Startdesigns aus diesen Grunddesigns,
- Berechnen von individuellen Progressivgläsern aus
den Startdesigns, die individuellen Daten von Tra-
15 geversuchspersonen entsprechen,
- Erstellen der endgültigen Startdesigns für die Pro-
duktion und
- Berechnen der individuellen Brillengläser aus den
Startdesigns nach individuellen Kundendaten.

20

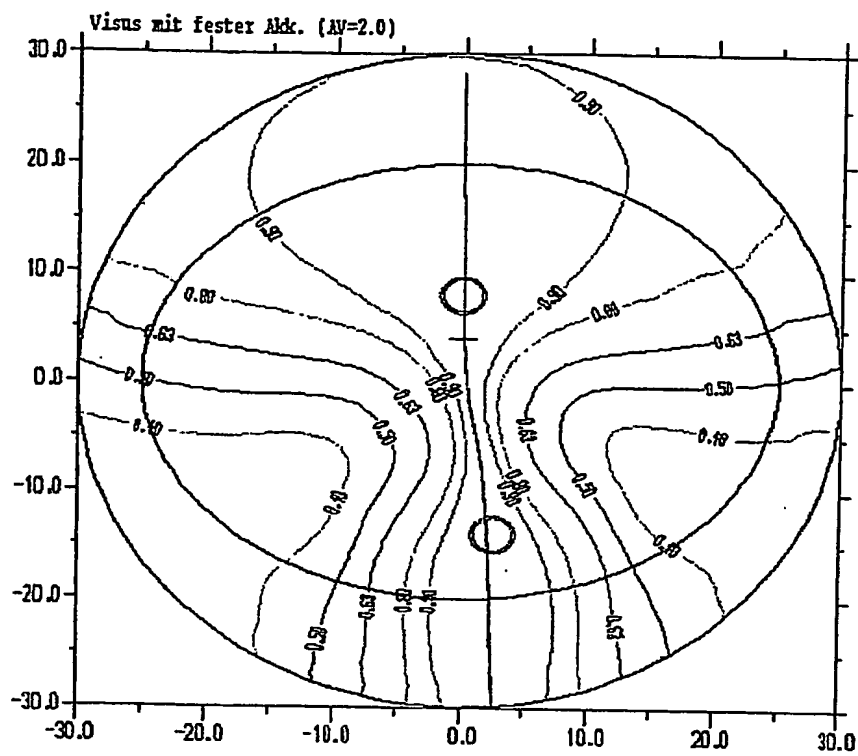
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Berechnen der individuellen Brillengläser aus den
Startdesigns nach individuellen Kundendaten gemäß fol-
25 gender Schritte erfolgt:

- Auswahl einer Startfläche aus dem Startdesign,
- Ersetzen der Standardwerte durch individuelle Kun-
dendaten,

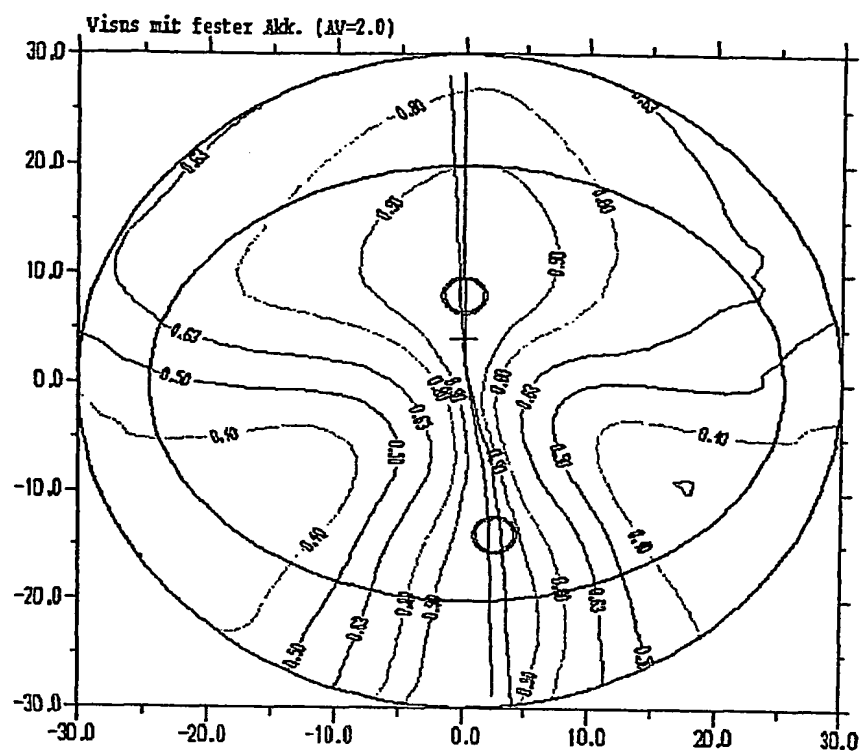
- Berechnen des Objektabstands- und Akkomodationsmodells,
- Anordnen des Brillenglases gegenüber dem Auge nach den Individualparametern,
- 5 - Berücksichtigen der neuen Brillenglasparameter,
- Berechnen einer torischen, vorzugsweise atorischen Überlagerungsfläche,
- Umwandeln der atorischen Überlagerungsfläche in einen Optimierungsspline,
- 10 - Berechnen der neuen Hauptblicklinie,
- Interpolation und Transformation der Sollvorgaben,
- Optimieren des individuellen Brillenglases und
- Erweitern der progressiven Fläche.

15

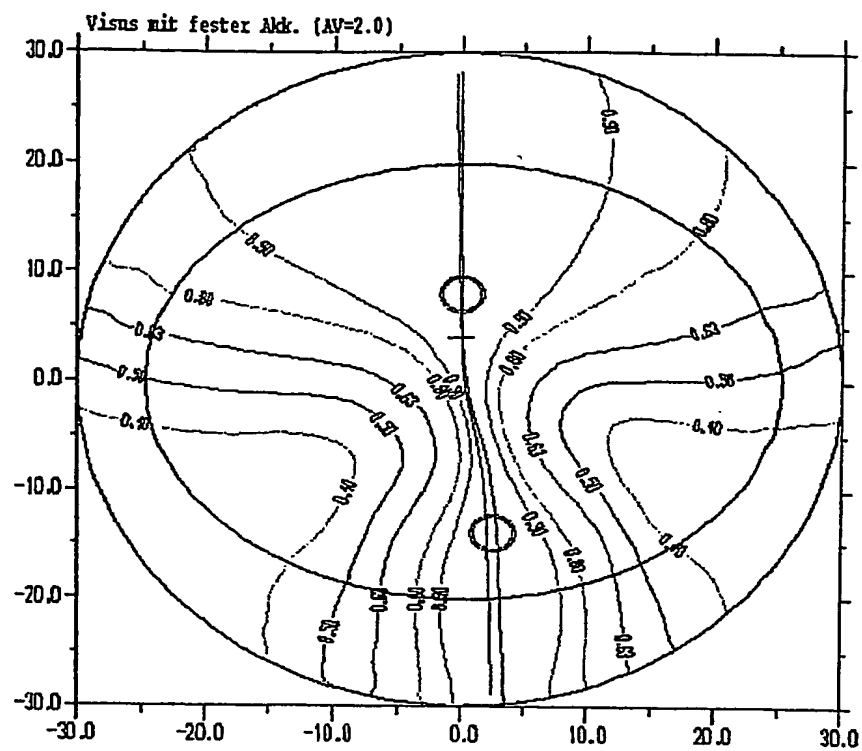
Figur 1



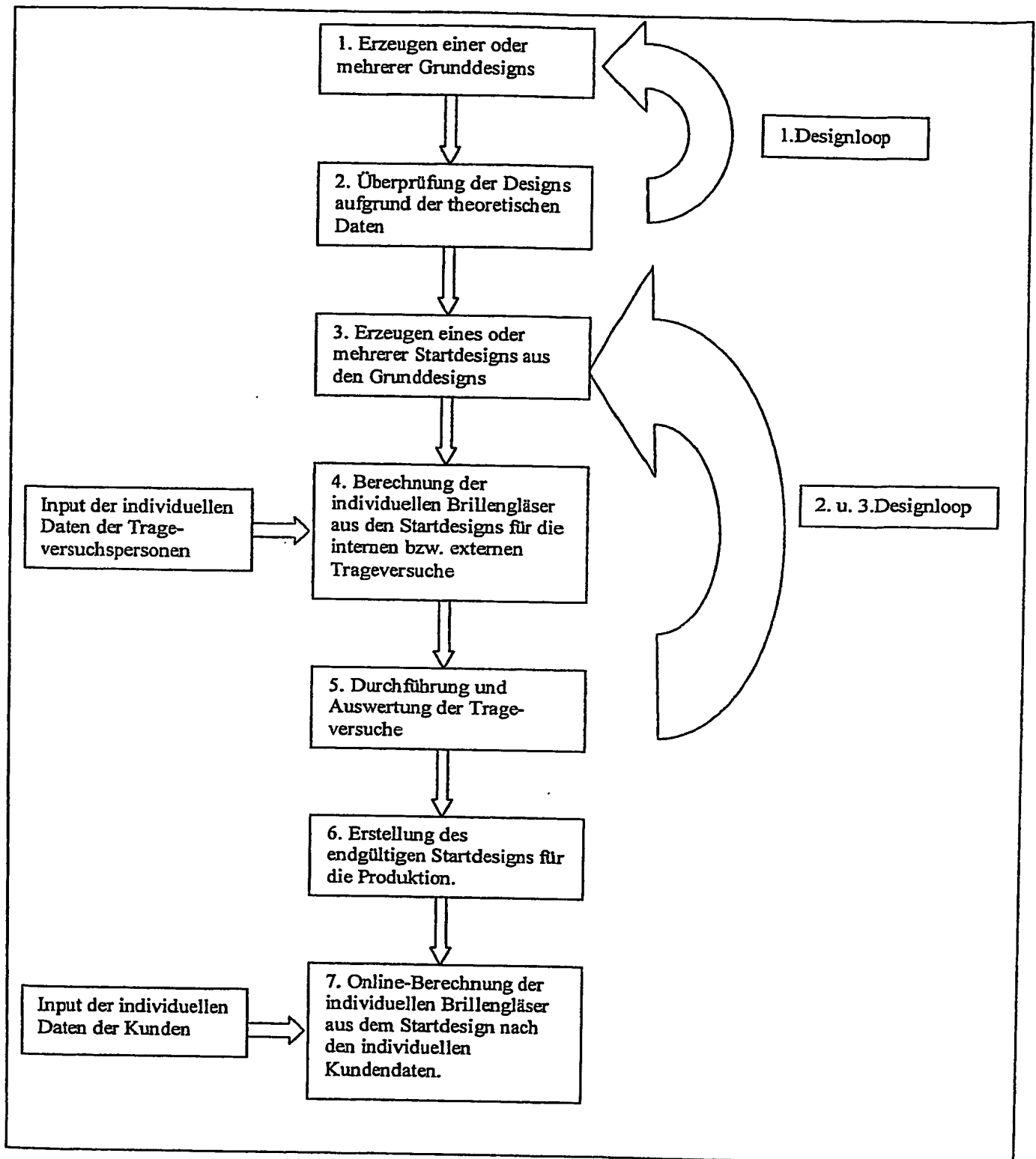
Figur 2



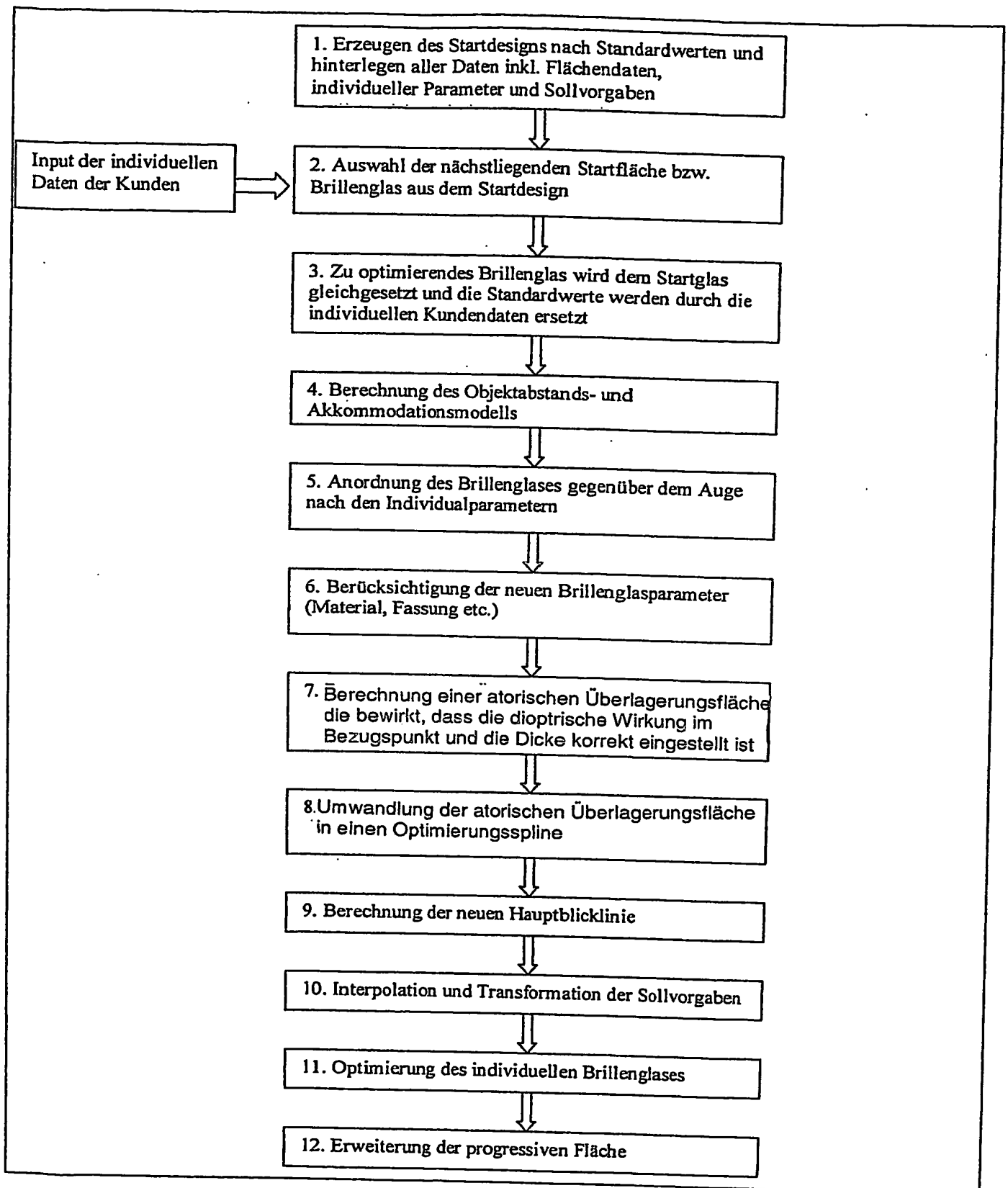
Figur 3



Figur 4:



Figur 5:



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/14620

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G02C7/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 01/81979 A (ESSER GREGOR ;HAIMERL WALTER (DE); ALTHEIMER HELMUT (DE); PFEIFFER) 1 November 2001 (2001-11-01) cited in the application abstract	1,2
Y	US 5 861 935 A (KRIS DIMITRIOS JACK ET AL) 19 January 1999 (1999-01-19) claim 17; figures 8A,,8B	1,2
Y	DE 42 10 008 A (ZEISS CARL FA) 30 September 1993 (1993-09-30) column 2, line 45 -column 3, line 15	1,2
A	DE 199 17 314 A (ASAHI OPTICAL CO LTD) 21 October 1999 (1999-10-21) abstract	1,2

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 April 2004

Date of mailing of the international search report

28/04/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jestl, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/14620

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0181979	A	01-11-2001	AU 768023 B2	27-11-2003
			AU 3722201 A	14-08-2001
			AU 6575301 A	07-11-2001
			AU 7385501 A	07-11-2001
			AU 769551 B2	29-01-2004
			AU 7385601 A	07-11-2001
			AU 7385701 A	07-11-2001
			AU 7385801 A	07-11-2001
			WO 0157584 A2	09-08-2001
			WO 0181979 A2	01-11-2001
			WO 0181985 A2	01-11-2001
			WO 0181980 A2	01-11-2001
			WO 0181981 A2	01-11-2001
			WO 0181982 A2	01-11-2001
			DE 10190354 D2	13-03-2003
			DE 10191582 D2	18-06-2003
			DE 10191583 D2	18-06-2003
			DE 10191584 D2	18-06-2003
			DE 10191586 D2	18-06-2003
			EP 1277075 A2	22-01-2003
			EP 1277074 A2	22-01-2003
			EP 1277076 A2	22-01-2003
			EP 1277077 A2	22-01-2003
			EP 1277079 A2	22-01-2003
			JP 2003521741 T	15-07-2003
			JP 2003535357 T	25-11-2003
			JP 2003535358 T	25-11-2003
			JP 2004501389 T	15-01-2004
			JP 2004502963 T	29-01-2004
			JP 2004501390 T	15-01-2004
			US 2003048410 A1	13-03-2003
			US 2004017543 A1	29-01-2004
			US 2003160940 A1	28-08-2003
			US 2003098950 A1	29-05-2003
			US 2003156251 A1	21-08-2003
			US 2003117578 A1	26-06-2003
			AU 6575701 A	12-11-2001
			WO 0184215 A1	08-11-2001
			EP 1277080 A1	22-01-2003
			JP 2003532158 T	28-10-2003
			US 2003107705 A1	12-06-2003
US 5861935	A	19-01-1999	AU 718534 B2	13-04-2000
			AU 1311697 A	29-10-1997
			BR 9708501 A	03-08-1999
			CA 2251359 A1	16-10-1997
			WO 9738343 A1	16-10-1997
			EP 0891574 A1	20-01-1999
			JP 2000508431 T	04-07-2000
			US 6074062 A	13-06-2000
DE 4210008	A	30-09-1993	US 5444503 A	22-08-1995
			DE 4210008 A1	30-09-1993
			AT 193129 T	15-06-2000
			DE 59310042 D1	21-06-2000
			DK 562336 T3	07-08-2000
			EP 0562336 A1	29-09-1993
			ES 2147735 T3	01-10-2000

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/14620

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4210008	A		JP 6018823 A	28-01-1994
DE 19917314	A	21-10-1999	JP 11305173 A	05-11-1999
			DE 19917314 A1	21-10-1999
			FR 2777668 A1	22-10-1999
			GB 2336333 A ,B	20-10-1999
			US 6193370 B1	27-02-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/14620

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G02C7/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G02C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 01/81979 A (ESSER GREGOR ;HAIMERL WALTER (DE); ALTHEIMER HELMUT (DE); PFEIFFER) 1. November 2001 (2001-11-01) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung	1,2
Y	US 5 861 935 A (KRIS DIMITRIOS JACK ET AL) 19. Januar 1999 (1999-01-19) Anspruch 17; Abbildungen 8A,,8B	1,2
Y	DE 42 10 008 A (ZEISS CARL FA) 30. September 1993 (1993-09-30) Spalte 2, Zeile 45 -Spalte 3, Zeile 15	1,2
A	DE 199 17 314 A (ASAHI OPTICAL CO LTD) 21. Oktober 1999 (1999-10-21) Zusammenfassung	1,2

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

19. April 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

28/04/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Jestl, M

INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/14620

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0181979 A	01-11-2001	AU 768023 B2	27-11-2003
		AU 3722201 A	14-08-2001
		AU 6575301 A	07-11-2001
		AU 7385501 A	07-11-2001
		AU 769551 B2	29-01-2004
		AU 7385601 A	07-11-2001
		AU 7385701 A	07-11-2001
		AU 7385801 A	07-11-2001
		WO 0157584 A2	09-08-2001
		WO 0181979 A2	01-11-2001
		WO 0181985 A2	01-11-2001
		WO 0181980 A2	01-11-2001
		WO 0181981 A2	01-11-2001
		WO 0181982 A2	01-11-2001
		DE 10190354 D2	13-03-2003
		DE 10191582 D2	18-06-2003
		DE 10191583 D2	18-06-2003
		DE 10191584 D2	18-06-2003
		DE 10191586 D2	18-06-2003
		EP 1277075 A2	22-01-2003
		EP 1277074 A2	22-01-2003
		EP 1277076 A2	22-01-2003
		EP 1277077 A2	22-01-2003
		EP 1277079 A2	22-01-2003
		JP 2003521741 T	15-07-2003
		JP 2003535357 T	25-11-2003
		JP 2003535358 T	25-11-2003
		JP 2004501389 T	15-01-2004
		JP 2004502963 T	29-01-2004
		JP 2004501390 T	15-01-2004
		US 2003048410 A1	13-03-2003
		US 2004017543 A1	29-01-2004
		US 2003160940 A1	28-08-2003
		US 2003098950 A1	29-05-2003
		US 2003156251 A1	21-08-2003
		US 2003117578 A1	26-06-2003
		AU 6575701 A	12-11-2001
		WO 0184215 A1	08-11-2001
		EP 1277080 A1	22-01-2003
		JP 2003532158 T	28-10-2003
		US 2003107705 A1	12-06-2003
US 5861935 A	19-01-1999	AU 718534 B2	13-04-2000
		AU 1311697 A	29-10-1997
		BR 9708501 A	03-08-1999
		CA 2251359 A1	16-10-1997
		WO 9738343 A1	16-10-1997
		EP 0891574 A1	20-01-1999
		JP 2000508431 T	04-07-2000
		US 6074062 A	13-06-2000
DE 4210008 A	30-09-1993	US 5444503 A	22-08-1995
		DE 4210008 A1	30-09-1993
		AT 193129 T	15-06-2000
		DE 59310042 D1	21-06-2000
		DK 562336 T3	07-08-2000
		EP 0562336 A1	29-09-1993
		ES 2147735 T3	01-10-2000

INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/14620

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 4210008	A		JP	6018823 A	28-01-1994
DE 19917314	A	21-10-1999	JP	11305173 A	05-11-1999
			DE	19917314 A1	21-10-1999
			FR	2777668 A1	22-10-1999
			GB	2336333 A ,B	20-10-1999
			US	6193370 B1	27-02-2001